



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: **2009106303/14, 24.02.2009**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**24.02.2009**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **24.02.2009**

(43) Дата публикации заявки: **27.08.2010** Бюл. № 24

(45) Опубликовано: **27.08.2011** Бюл. № 24

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **SU 733648, 17.05.1980. RU 2153658 C1, 27.07.2000. CN 2831082, 25.10.2006. CN 201196608, 18.02.2009. Х.ГРИН, В.ЛЕЙН, Аэрозоли - пыли, дымы и туманы - М.: 1972. PAGE S.G., et al. Equivalency of a personal dust monitor to the current United States coal mine respirable dust sampler, J. Environ. Monit, 2008, 10 (1), p.96-101.**

Адрес для переписки:

**620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19,  
ФГАОУ ВПО "УрФУ", Центр  
интеллектуальной собственности, Т.В. Маркс**

(72) Автор(ы):

**Поводатор Аркадий Моисеевич (RU),  
Цепелев Владимир Степанович (RU),  
Вьюхин Владимир Викторович (RU),  
Конашков Виктор Васильевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Уральский федеральный университет имени  
первого президента России Б.Н.Ельцина"  
(RU)**

**(54) СПОСОБ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ  
ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к медицине, санитарии, охране труда и предназначено для физиолого-гигиенической оценки эффективности средства индивидуальной защиты органов дыхания в естественных условиях трудовой деятельности при пылевом загрязнении окружающей среды. Отбирают пробы с помощью фильтрового индивидуального пробоотборника.

Воздухозаборник одного из пробоотборников помещают внутри средства индивидуальной защиты органов дыхания человека, другого - снаружи. Фильтры пробоотборников с осевшей на них пылью подвергают анализу.

Определяют коэффициент проникания пыли К. В процессе исследований непрерывно регистрируют минутный объем дыхания и частоту сердечных сокращений. Вычисляют условную эффективность данного средства индивидуальной защиты по математической формуле с использованием измеренных параметров. Изобретение позволяет провести точную оценку эффективности использования средств индивидуальной защиты органов дыхания, может быть использовано при их разработке, а также для разработки режимов труда, оптимизирующих нагрузку на кардиореспираторную систему в условиях запыленности.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2009106303/14, 24.02.2009**

(24) Effective date for property rights:  
**24.02.2009**

Priority:

(22) Date of filing: **24.02.2009**

(43) Application published: **27.08.2010 Bull. 24**

(45) Date of publication: **27.08.2011 Bull. 24**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, FGAOU  
VPO "UrFU", Tsentr intellektual'noj  
sobstvennosti, T.V. Marks**

(72) Inventor(s):

**Povodator Arkadij Moiseevich (RU),  
Tsepelev Vladimir Stepanovich (RU),  
V'jukhin Vladimir Viktorovich (RU),  
Konashkov Viktor Vasil'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego  
professional'nogo obrazovanija "Ural'skij  
federal'nyj universitet imeni pervogo prezidenta  
Rossii B.N.El'tsina" (RU)**

## (54) METHOD OF ESTIMATING EFFICIENCY OF RESPIRATORY PROTECTIVE DEVICE FOR PEOPLE

(57) Abstract:

FIELD: medicine.

SUBSTANCE: invention relates to medicine, sanitation, labour protection and is intended for physiologo-hygienic estimation of efficiency of respiratory protective device in natural conditions of labour activity in case of dust pollution of environment. Samples are taken by means of filter individual sampler. Air-inlet of one of samplers is placed inside respiratory protective device for people, of another sampler - outside. Filters of samplers with deposited on them dust are subjected to analysis. Coefficient of dust penetration K is

determined. In process of investigation minute volume of respiration and heart rate are continuously registered. Conventional efficiency of said respiratory protective device is calculated by mathematical formula with application of measured parameters.

EFFECT: invention makes it possible to carry out accurate estimation of efficiency of using said respiratory protective device, can be used in their elaboration, as well as for elaboration of labour regimens, optimising load on cardiorespiratory system in conditions of dustiness.

Изобретение относится к медицинской технике, промышленной санитарии, охране труда и предназначено для физиолого-гигиенической оценки эффективности средства индивидуальной защиты органов дыхания человека - противопылевых масочных респираторов, спецшлемов, костюмов, скафандров, в естественных условиях трудовой деятельности, например в рабочей зоне, при пылевом (аэрозольном) загрязнении окружающей среды. Изобретение может быть использовано при разработке, оптимизации и аттестации вышеуказанных средств, для профилактики профессиональных заболеваний, в частности пневмокониозов, а также для разработки режимов труда, оптимизирующих психофизиологическую нагрузку на кардиореспираторную систему в условиях запыленности окружающей среды.

Известно применение средств индивидуальной защиты органов дыхания человека - костюма, полумаски или маски, например, типа «лепесток 40». По нормативу у таких масок коэффициент проникания  $K_{пр}$ , в какой-то степени характеризующий эффективность их использования, составляет от долей % до 22% - см. И.В.Стокозов, С.А.Фаустов, Т.С.Костиан «Модернизированный респиратор ШБ-1 Лепесток-40: соответствие европейскому стандарту», НИИОТ СПб., <http://www.niiot.ru/article/article.htm>. Однако реальное количество и качественный состав пыли (аэрозоля) в подмасочном пространстве, соответственно, попадающей в легкие обследуемого, не измеряют. Поэтому отсутствует возможность синхронного получения данных о параметрах запыленности снаружи и внутри средства индивидуальной защиты органов дыхания, что снижает достоверность данных об эффективности этого средства и затрудняет выбор какого-либо из этих средств на основе сравнения их защитных функций в естественных условиях.

Кроме того, при этом не обеспечивается длительное измерение кардиореспираторных показателей, в том числе динамика их сдвигов, обусловленных влиянием собственно средств индивидуальной защиты органов дыхания. Эти сдвиги отражают увеличение психофизиологической нагрузки на организм вследствие применения элементов средства индивидуальной защиты органов дыхания: они достигают десятков процентов как по величине, так и по соотношениям кардиореспираторных параметров даже за несколько минут обследования - см. В.В.Розенблат и др. «Искажения респираторных показателей во время мышечной работы при масочных методах исследований», журн. «Бюлл. эксперим. биол. и мед.» - 1985, №1, с.116-119. Можно предположить, что на протяжении рабочей смены сдвиги будут много больше.

Известен способ определения весовым методом содержания пыли в окружающей среде, в том числе в непосредственной близости от носа и рта человека, при котором используют фильтровый индивидуальный пробоотборник (аспиратор), содержащий фильтр и насос, всасывающий воздух, скорость которого регулируют вручную в диапазоне 1,0...2,1 л/мин - см. «Индивидуальный аспиратор АР-2», рекламный проспект ПНР. Такой способ не обеспечивает достоверный учет как текущих колебаний количества и дисперсности пыли, например, при пылевых выбросах, так и респираторных параметров обследуемого, в том числе вариабельность частоты, глубины и минутного объема дыхания (МОД). Он обеспечивает лишь усредненную, например за рабочую смену, оценку запыленности окружающей среды в непосредственной близости от носа и рта человека. Известны аналогичные подходы к определению запыленности воздуха в рабочей зоне, обладающие такими же недостатками - см. пат. USA №4292574, H02P 7/29, 29.09.1981.

Также известен способ определения весовым методом пылевых нагрузок, при

котором используют индивидуальный пробоотборник ВБ2-02, содержащий фильтр и мультивибраторный мембранный насос, всасывающий воздух, скорость которого регулируют безмасочным датчиком параметров дыхания на основе двухэлектродного реографа РГЧ-01, при этом оба электрода закрепляют на грудной клетке  
 5 обследуемого - см. а.с. СССР №1190232, G01N 1/22, 07.11.85. Такой способ обусловливает, по мнению авторов, не менее чем двукратное повышение точности определения пылевых нагрузок на организм, поэтому обеспечивает увеличение достоверности оценки физиолого-гигиенической эффективности средств  
 10 индивидуальной защиты органов дыхания человека, с учетом параметров его дыхания. Однако применение двухэлектродного метода в импедансной пневмографии возможно при практической неподвижности человека в лабораторных исследованиях, т.к. при его движениях, даже минимальных, приэлектродные помехи в виде колебания приэлектродного импеданса практически полностью маскируют полезный сигнал,  
 15 обусловленный легочной вентиляцией. Поэтому применение данного способа для оценки эффективности средств индивидуальной защиты органов дыхания частично может быть реализовано в лабораторных условиях, но в естественных условиях, в частности при трудовой деятельности обследуемого, неосуществимо.

Прототипом изобретения является способ оценки эффективности средства индивидуальной защиты человека, при котором используют фильтровый пробоотборник, содержащий воздухозаборник, фильтр и компрессор с регулируемой скоростью, управляемый безмасочным датчиком параметров внешнего дыхания на основе помехозащищенного тетраполярного (4-электродного) реографа -  
 25 импедансного пневмографа, входящего в состав биотелеметрического комплекса, который регистрирует основные кардиореспираторные параметры человека во время выполняемой им работы - см. а.с. СССР №733648, A61B 5/08, 17.05.80. Основным достоинством такого датчика является отсутствие психофизиологической нагрузки и сопротивления дыханию, характерного для любого масочного датчика, что  
 30 обеспечивает сохранение естественной частоты сердечных сокращений (ЧСС) и неискаженной структуры (частоты и глубины) свободного, нестесненного внешнего дыхания обследуемого при высокой точности измерения параметров дыхания - например, по минутному объему дыхания (МОД) ошибка меньше 20% по отношению  
 35 к прямой спирографии - см. А.М.Поводатор и др. «Динамическая радиореопневмография в производственных условиях», журн. «Гигиена труда и профессиональные заболевания», 1980, №6, с.46-47. Кроме того, обеспечивается управление скоростью всасывания воздуха в соответствии со скоростью и глубиной  
 40 дыхания. Кроме того, обеспечивается определение воздействия средств индивидуальной защиты органов дыхания человека на его физиологическое состояние посредством регистрации изменений кардиореспираторных показателей в течение рабочей смены.

Недостатком способа является применение единственного пробоотборника и,  
 45 соответственно, воздухозаборника, располагаемого около лица пациента снаружи средства индивидуальной защиты органов дыхания - костюма, полумаски или маски, вследствие чего отсутствует однозначная характеристика эффективности средства индивидуальной защиты органов дыхания человека, которая учитывает разные и,  
 50 возможно, разнонаправленные, физиолого-гигиенические характеристики этого средства.

Задачей предлагаемого изобретения является оценка эффективности использования средства индивидуальной защиты органов дыхания по двум критериям: по

коэффициенту проникания пыли и по влиянию на кардиореспираторные параметры человека средств индивидуальной защиты органов дыхания в процессе их применения в дополнение к их защитным функциям.

Для решения поставленной задачи предлагается способ оценки эффективности средства индивидуальной защиты органов дыхания человека.

В способе оценки эффективности средства индивидуальной защиты органов дыхания человека в естественных условиях трудовой деятельности, например, в конкретной рабочей зоне, при пылевом (аэрозольном) загрязнении окружающей среды, в котором используют коэффициент проникания пыли, при этом отбирают пробы с помощью фильтрового индивидуального пробоотборника с управляемым, посредством кардиореспираторного биоимпедансного датчика параметров дыхания, воздушным потоком, причем воздухозаборник пробоотборника располагают в области лица человека, предлагается дополнительно ввести второй пробоотборник и использовать два синхронно работающих индивидуальных пробоотборника, при этом воздухозаборник одного из них помещают внутри средства индивидуальной защиты органов дыхания человека, воздухозаборник другого пробоотборника помещают снаружи средства индивидуальной защиты органов дыхания человека близко к первому воздухозаборнику, после окончания процедуры исследований фильтры пробоотборников с осевшей на них пылью подвергают анализу, например, по массе и фракционному составу пыли, по результатам этого анализа определяют коэффициент проникания пыли  $K$  через данное средство индивидуальной защиты органов дыхания человека, в процессе исследований непрерывно регистрируют основные кардиореспираторные параметры обследуемого, например, в виде минутного объема дыхания - МОД и частоты сердечных сокращений - ЧСС, определяют усредненные за время исследования величины  $МОД_{ср}$  и  $ЧСС_{ср}$ , а после окончания процесса исследования определяют условную эффективность -  $E$  данного средства индивидуальной защиты органов дыхания человека по формуле:

$$E = (K^X \times МОД_{ср}^Y \times ЧСС_{ср}^Z)^{-1} \quad [1]$$

где  $X, Y, Z$  - весовые коэффициенты, например,  $X=Y=Z=1$ , причем, чем больше  $E$ , тем выше эффективность данного средства индивидуальной защиты органов дыхания человека.

Отличительные признаки предложенного технического решения обеспечивают возможность оценки эффективности использования средства индивидуальной защиты органов дыхания по двум критериям: коэффициенту проникания пыли и влиянию на кардиореспираторные параметры человека средств индивидуальной защиты органов дыхания в процессе их применения в дополнение к их защитным функциям.

Оценка эффективности использования средства индивидуальной защиты органов дыхания осуществляется следующим образом. На грудной клетке пациента фиксируется 2 пары электродов - жестко спаренные генераторный и приемный в каждой паре, симметрично по среднеаксиллярным линиям. С них получают: во-первых, импедансную пневмограмму (спирограмму), по которой определяют параметры дыхания, в частности МОД, и синхронно - сигнал для управления потоком воздуха в пробоотборниках - см. а.с. СССР №733648, А61В 5/08, 17.05.80; во-вторых, сигнал электрокардиограммы для выделения из него ЧСС. Кардиореспираторные данные - МОД и ЧСС посредством передатчика на пациенте (передающий полуконтакт) транслируются на приемный полуконтакт биотелеметрической системы, где они обрабатываются и фиксируются в течение всей процедуры исследований, например рабочей смены - см. вышеуказанное А.М.Поводатор и др.

«Динамическая радиореопневмография в производственных условиях», журн. «Гигиена труда и профессиональные заболевания», 1980, №6, с.46-47. При этом определяют усредненные за время измерения, например половину или полную рабочую смену, величины  $МОД_{ср}$  и  $ЧСС_{ср}$ . Средневзвешенная величина запыленности воздуха на рабочем месте (в  $мг/м^3$ ) определяется одним индивидуальным управляемым пробоотборником, воздухозаборник которого закреплен около лица обследуемого снаружи средства индивидуальной защиты органов дыхания, например маски, а фильтр исследуют по типовой методике - весовым методом, после окончания рабочей смены. Воздухозаборник другого индивидуального управляемого пробоотборника помещают внутри средства индивидуальной защиты органов дыхания, например, под маской. Фильтр исследуют аналогично фильтру первого пробоотборника. Отношение, например, в процентах количества (массы) пыли, с учетом фракционного состава, если необходимо, представляет собой истинную величину коэффициента проникания пыли:  $K=m_2/m_1$  и характеризует фильтрующие свойства средства защиты в реальных условиях с учетом респираторных параметров человека. После окончания процедуры исследований данного средства индивидуальной защиты органов дыхания фиксируют величины  $МОД_{ср}$  и  $ЧСС_{ср}$  обследуемого и определяют условную эффективность -  $E$  использования средства индивидуальной защиты органов дыхания с учетом двух критериев - гигиенического и физиологического по формуле [1]:

$$E=(K^X \times МОД_{ср}^Y \times ЧСС_{ср}^Z)^{-1}$$

где  $X, Y, Z$  - весовые коэффициенты, например,  $X=Y=Z=1$ .

Аналогично исследуют другое средство индивидуальной защиты органов дыхания с помощью этого же обследуемого (можно даже не отключать биотелеметрическую систему и не отклеивать электроды, закрепленные на грудной клетке) на том же рабочем месте, при том же производственном процессе и в том же темпе - т.е. с минимальными различиями. После определения  $E$  по формуле [1] сравнивают величины  $E_n$  (например,  $E_1$  с  $E_2$ ) и делают вывод: чем больше  $E_n$ , тем эффективнее средство индивидуальной защиты органов дыхания. Например, для  $X=Y=Z=1$ , при исследовании одного средства защиты получили набор данных:  $МОД_{ср1}=12$  л/мин,  $ЧСС_{ср1}=100$  уд./мин,  $K_1=2\%$ . Для другого средства защиты получили второй набор:  $МОД_{ср2}=10$  л/мин,  $ЧСС_{ср2}=90$  уд./мин,  $K_2=3\%$ . Для первого средства защиты  $E_1=2400^{-1}$ , для второго средства защиты  $E_2=2700^{-1}$ . Первое средство эффективнее, несмотря на большую величину («напряженность») кардиореспираторных параметров, которые коррелируют между собой в области величин, характерных для умеренных нагрузок. Однако в случае равенства  $K_1=K_2=2\%$  при сохранении параметров  $МОД_{ср2}$  и  $ЧСС_{ср2}$  получим:  $E_2=1800^{-1}$ , что показывает большую эффективность второго средства защиты. Применение весовых коэффициентов  $X, Y, Z$  в формуле [1], например,  $Y=1/4, Z=1/2$  аналогично используемым в пат. РФ на полезную модель №46645, А61В 5/08, 27.06.2005, может уточнить результат расчетов условной эффективности средства индивидуальной защиты органов дыхания, особенно в нестандартных случаях - например, при тяжелых видах трудовой деятельности, с величинами  $МОД=15...25$  л/мин и  $ЧСС=100...150$  уд./мин или при многократном превышении ПДК аварийного типа.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является реализация уточненной оценки эффективности использования средства индивидуальной защиты органов дыхания с учетом двух критериев: коэффициента проникания пыли и влияния

на кардиореспираторные параметры человека средств индивидуальной защиты органов дыхания в процессе их применения в дополнение к их защитным функциям, что облегчает разработки режимов труда, оптимизирующих психофизиологическую нагрузку на кардиореспираторную систему в условиях запыленности окружающей среды.

#### Формула изобретения

Способ оценки эффективности средства индивидуальной защиты органов дыхания человека в условиях трудовой деятельности, при пылевом загрязнении окружающей среды, в котором используют коэффициент проникновения пыли, при этом отбирают пробы с помощью фильтрового индивидуального пробоотборника, причем воздухозаборник пробоотборника располагают в области лица человека, отличающийся тем, что дополнительно вводят второй пробоотборник и используют два синхронно работающих индивидуальных пробоотборника, при этом воздухозаборник одного из них помещают внутри средства индивидуальной защиты органов дыхания человека, воздухозаборник другого пробоотборника помещают снаружи средства индивидуальной защиты органов дыхания человека близко к первому воздухозаборнику, после окончания процедуры исследований фильтры пробоотборников с осевшей на них пылью подвергают анализу по массе пыли, по результатам этого анализа определяют коэффициент проникновения пыли  $K$  через данное средство индивидуальной защиты органов дыхания человека -  $K=m_1/m_2$ , где  $m_1$  - масса пыли пробоотборника, помещенного снаружи средства индивидуальной защиты;  $m_2$  - масса пыли пробоотборника, помещенного внутри средства индивидуальной защиты, в процессе исследований непрерывно регистрируют основные кардиореспираторные параметры обследуемого в виде минутного объема дыхания - МОД и частоты сердечных сокращений - ЧСС, определяют усредненные за время исследования величины МОД<sub>ср</sub> и ЧСС<sub>ср</sub>, а после окончания процесса исследования определяют условную эффективность -  $E$  данного средства индивидуальной защиты органов дыхания человека по формуле:

$$E=(K^X \cdot \text{МОД}_{\text{ср}}^Y \cdot \text{ЧСС}_{\text{ср}}^Z)^{-1},$$

где  $X=Y=Z=1$ ,

при этом чем больше  $E$ , тем выше эффективность данного средства индивидуальной защиты органов дыхания человека.